



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

⑩ Publication number:

0 282 251  
A3

⑫

## EUROPEAN PATENT APPLICATION

⑬ Application number: 88301957.2

⑮ Int. Cl.4: G 01 N 9/00  
G 01 N 11/16

⑭ Date of filing: 07.03.88

⑯ Priority: 11.03.87 GB 8705757

⑰ Date of publication of application:  
14.09.88 Bulletin 88/37

⑱ Designated Contracting States:  
AT BE CH DE FR IT LI NL SE

⑲ Date of deferred publication of search report:  
22.02.89 Bulletin 89/08

⑳ Applicant: SCHLUMBERGER INDUSTRIES LIMITED  
124 Victoria Road  
Farnborough Hampshire, GU14 7PW (GB)

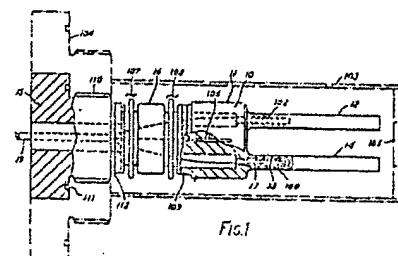
㉑ Inventor: Rudkin, Mark Jonathan  
10 Delph Road  
Wimborne Dorset (GB)

Atkinson, David Ian Heaton  
6 Dollis Drive  
Farnham Surrey (GB)

㉒ Representative: Stocle, Brian David et al  
Schlumberger Electronics (U.K.) Limited 124 Victoria  
Road  
Farnborough Hampshire GU14 7PW (GB)

㉓ Fluid transducer.

㉔ A transducer for measuring a parameter of a fluid, such as density or viscosity, comprises two generally parallel tines extending from a common yoke, forming a tuning fork adapted to be immersed in the fluid. The tines are excited to vibrate resonantly and in anti-phase by one or more piezo-electric exciting elements, which are housed in one or more cavities within the tines or the yoke. The vibrations are sensed by one or more similarly-housed piezo-electric sensing elements. The tines are shaped to enhance their sensitivity to the parameter to be measured: for example they are provided with re-entrant surfaces to enhance density sensitivity, or elongated in the direction in which they vibrate to enhance viscosity sensitivity.



EP 0 282 251 A3



European Patent  
Office

EUROPEAN SEARCH REPORT

Application Number

EP 88 30 1957

DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT									
Category	Citation of document with indication, where appropriate, of relevant passages	Relevant to claim	CLASSIFICATION OF THE APPLICATION (Int. Cl.4)						
X	THE MARCONI REVIEW, vol. XLIII, no. 218, 1980, pages 156-175, Rugby, GB; R.M. LANGDON: "Vibratory process control transducers" * Pages 168-172; figures 9,10 * ---	1-4,6,9 -11,14, 17,19	G 01 N 9/00 G 01 N 11/16						
X	GB-A-2 131 952 (ITT INDUSTRIES, INC.) * Whole document *	1-4,7-9 ,14,17, 19							
A	IEEE TRANSACTIONS ON INSTRUMENTATION AND MEASURMENT, vol. IM-32, no. 3, September 1983, pages 434-437, IEEE, New York, US; E. STEMME et al.: "Measuring liquid density with a tuning-fork transducer" * Whole article *	1-4,9- 11,14, 17,19							
A	I.S.A. TRANSACTIONS, vol. 20, no. 3, 1981, pages 67-75, Research Triangle Park, NC, US; B.W. BALLS: "A new on-line density meter for viscous liquids and slurries" * Whole article *	1,14,15	TECHNICAL FIELDS SEARCHED (Int. Cl.4)						
			G 01 N 9/00 G 01 L 9/00						
<p>The present search report has been drawn up for all claims</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Place of search</td> <td style="width: 33%;">Date of completion of the search</td> <td style="width: 34%;">Examiner</td> </tr> <tr> <td>THE HAGUE</td> <td>29-11-1988</td> <td>SARNEEL A.P.T.</td> </tr> </table>				Place of search	Date of completion of the search	Examiner	THE HAGUE	29-11-1988	SARNEEL A.P.T.
Place of search	Date of completion of the search	Examiner							
THE HAGUE	29-11-1988	SARNEEL A.P.T.							
CATEGORY OF CITED DOCUMENTS		T : theory or principle underlying the invention E : earlier patent document, but published on, or after the filing date D : document cited in the application L : document cited for other reasons ..... & : member of the same patent family, corresponding document							
X : particularly relevant if taken alone Y : particularly relevant if combined with another document of the same category A : technological background O : non-written disclosure P : intermediate document									



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

⑪ Veröffentlichungsnummer:

0 102 490  
A1

⑫

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

⑬ Anmeldenummer: 83106994.3

⑭ Int. Cl.<sup>3</sup>: G 01 N 9/00

⑮ Anmeldetag: 16.07.83

⑯ Priorität: 04.08.82 DE 3229050

⑰ Anmelder: BOPP & REUTHER GMBH  
Carl-Reuther-Strasse 1  
D-6800 Mannheim 31(DE)

⑱ Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
14.03.84 Patentblatt 84/11

⑲ Erfinder: Böhm, Jürgen, Dr.-Ing.  
Krauthheimerstrasse 11  
D-6800 Mannheim-Weilstadt(DE)

⑳ Benannte Vertragsstaaten:  
AT CH FR GB LI NL

㉑ Dichtemesser für Gase.

㉒ Der Dichtemesser für Gase ist mit einer dem Gas ausgesetzten Stimmgabel als Schwingkörper versehen, die als Teil eines phasengekoppelten elektromagnetischen Schwingungssystems einerseits in einer ihrer Eigenfrequenzen angeregt und andererseits in dieser Eigenfrequenz erfaßt wird. Die Eigenfrequenz ändert sich hierbei mit unterschiedlicher Dichte der Gase, so daß sich aus der ermittelten Eigenfrequenz die Gasdichte ergibt. Auf die Enden der beiden frei im Gas schwingenden Gabelzinken der Stimmgabel ist jeweils ein axial zu den Gabelzinken verlaufendes und nach beiden Seiten offenes dünnwandiges Rohr mit geschlossenem Rohrmantel aufgesetzt. Durch die gewölbte Außenfläche dieser Rohre werden beim Schwingen scharfe Strömungsumlenkungen und damit Turbulenzen an den Enden der Gabelzinken vermieden und die in die beiden Rohre eingeströmte Gasmasse wird zum Mitschwingen gebracht, wodurch die Meßempfindlichkeit erheblich erhöht wird. Die Rohre besitzen eine hohe Steifigkeit, so daß sie dünnwandig und damit massearm ausgebildet werden können.

EP 0 102 490 A1

...

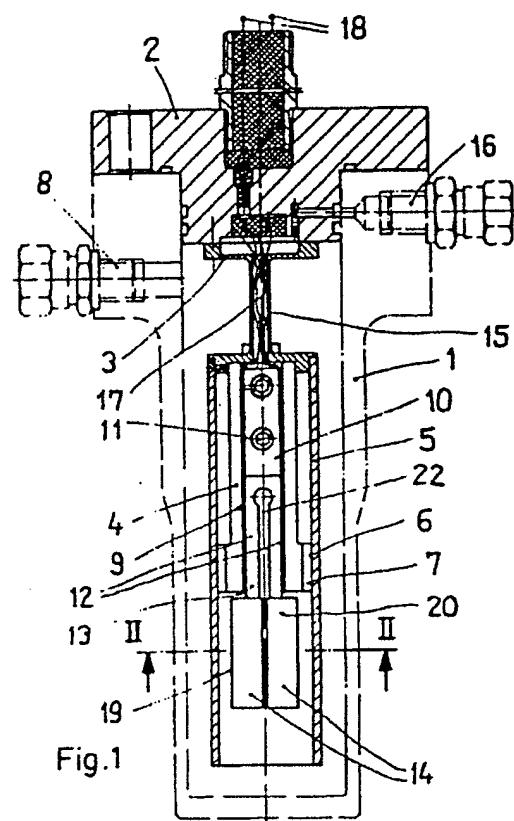


Fig.1

- 7 -  
Dichtemesser für Gase

Die Erfindung bezieht sich auf einen Dichtemesser für Gase mit einer dem Gas ausgesetzten Stimmgabel als Schwingkörper, die als Teil eines phasengekoppelten elektromagnetischen Schwingungssystems einerseits in einer ihrer 5 Eigenfrequenzen angeregt und andererseits in dieser Eigenfrequenz, die sich mit unterschiedlicher Dichte der Gase ändert, erfaßt wird, wobei die beiden Enden der Stimmgabelzinken einen die Oberfläche vergrößernden und dadurch die Wechselwirkung der Massenkräfte erhöhenden Prallkörper 10 tragen. Durch einen solchen Prallkörper wird das von der schwingenden Stimmgabel in Bewegung gesetzte Gasvolumen vergrößert, so daß die Meßwertauflösung verbessert wird.

Ein solcher Dichtemesser ist aus der DE-OS 15 98 155 bekannt, bei dem als Prallkörper eine kreiszylindrische 15 Halbschale an jedem Ende der Gabelzinken der Stimmgabel vorgesehen ist. Diese kreiszylindrischen Halbschalen haben jedoch je nach Schwingungsrichtung unterschiedliche Strömungswiderstandsbeiwerte  $c_w$ , und zwar ist der Widerstandsbeiwert bei der Anströmung der konkaven Seite etwa 20 4 mal so groß als bei der Anströmung der kovexen Seite der Halbschalen. Dies hat zur Folge, daß sich zwar ein periodischer aber nicht mehr harmonischer Schwingungsverlauf ergibt. Daraus resultieren Schwierigkeiten bei der Abstimmung des elektrischen Teiles des phasengekoppelten Schwingkreises, da die Zeiten für die Gabelzinkenschwingung von einem Maximalwert zum anderen in der einen Bewegungsrichtung von den Zeiten für die Gabelzinkenschwingung in der anderen Bewegungsrichtung differieren. 25 30 Abgesehen hiervon entstehen bei Verwendung der bekannten, an den Enden der Gabelzinken der Stimmgabel sitzenden Halbschalen durch die Umströmung der Schalenränder Turbulenzen, die eine Dämpfung des Systems und dadurch einen erhöhten

Energieverbrauch verursachen. Dadurch wird die Meßempfindlichkeit der Stimmgabel nachteilig beeinflußt.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen Dichtemesser mit Stimmgabel und Prallkörper an den Enden der Gabelzinken so auszubilden, daß sich eine noch höhere Meßempfindlichkeit als bei Verwendung der bekannten Prallkörper ergibt.

Die Lösung dieser Aufgabe wird entsprechend dem kennzeichnenden Merkmal des Anspruchs 1 darin gesehen, daß auf die beiden Enden der Gabelzinken der Stimmgabel jeweils ein axial zu den Gabelzinken verlaufendes und nach beiden Seiten offenes dünnwandiges Rohr mit geschlossenem Rohrmantel aufgesetzt ist.

Durch die Anordnung eines solchen dünnwandigen Rohres an den Enden der Gabelzinken der Stimmgabel tritt beim Schwingen keine scharfe Umlenkung in der Strömung des Meßgases mehr auf, wodurch Turbulenzen, die sonst an den scharfen Rändern der bekannten Prallkörper auftraten, vermieden werden. Dadurch wird eine Verringerung der Abhängigkeit des Meßwertes von der Viskosität des Meßgases und eine Verringerung des Energiebedarfs zur Unterhaltung der Schwingung erzielt. Abgesehen hiervon ist bei dem verwendeten dünnwandigen Rohr der Widerstandsbeiwert in beiden Anströmrichtungen gleich groß, so daß der Schwingungsverlauf jetzt harmonisch verläuft.

Aus der DE-PS 14 98 602 sind zwar an den Enden der Gabelzinken der Stimmgabel vorgesehene ebene Prallplatten bekannt, die bereits in beiden Anströmrichtungen gleiche Widerstandsbeiwerte haben, jedoch besitzen diese ebenen Prallplatten, wenn sie ausreichend steif ausgebildet sind, eine zu große schwingende Masse, wodurch der Meßeffekt verkleinert wird. Werden diese ebenen Prallplatten dünner ausgebildet, so führen sie von der Schwingung der Stimmgabel angeregte Eigenschwingungen aus, die der Gabel-

schwingung überlagert sind und die Gabelschwingung durch einen Tilgeeffekt zum Erliegen bringen können.

Das an den Enden der Gabelzinken vorgesehene erfindungsgemäße dünnwandige Rohr dagegen besitzt sowohl gegenüber den bekannten ebenen Prallplatten als auch gegenüber den bekannten Halbschalen eine höhere Steifigkeit, so daß es dünnwandler und damit masseärmer als die bekannten Prallkörper ausgeführt werden kann.

10 Dadurch, daß das dünnwandige Rohr beiderseits offen ausgebildet ist, kann das Meßgas das Rohr durchströmen und wird kontinuierlich im Rohr ausgetauscht, so daß das Rohr ständig mit dem jeweils zu messenden Gas gefüllt ist. Hierbei wird die in dem dünnwandigen Rohr befindliche Gasmasse zum Mitschwingen gebracht, so daß 15 ein Mehrfaches des sonst den Meßeffekt hervorrufenden Gasvolumens mitschwingt, wodurch die Meßempfindlichkeit, d. h. die Meßwertauflösung um diesen Faktor erhöht wird.

20 Eine konstruktiv einfache Befestigungsmöglichkeit der beiden dünnwandigen Rohre an den Gabelzinken der Stimm-  
gabel ergibt sich durch das Merkmal des Anspruchs 2, wonach die dünnwandigen und beidseitig offenen Rohre lediglich mit ihrem Endabschnitt auf die Enden der Gabelzinken aufgeschoben und durch Löten oder dergl. mit den Gabelzinken verbunden zu werden brauchen. Da die Gabelzinken 25 im Querschnitt kleiner sind als der Innenquerschnitt der Rohre, bleibt auch an der Verbindungsstelle noch ein genügend großer Querschnitt für die Gasdurchströmung offen.

30 Eine weitere zweckmäßige Befestigungsmöglichkeit der Rohre an den Gabelzinken ist Gegenstand des Anspruchs 3, wobei die kreisbogenförmige Ausnehmung eine satte Anlage der Rohrenden an den Gabelzinken ermöglicht. In

/dem

Sonderfällen kann es sich gemäß Merkmal des Anspruchs 4 empfehlen, die beiden Enden der Gabelzinken der Stimmgabel selbst als dünnwandiges Rohr auszubilden. Eine einfache Verbindung zwischen Rohr und Gabelzinken ist auch durch das

5 Merkmal des Anspruchs 5 gewährleistet, wonach das mit einem Halteboden versehene dünnwandige Rohr einfach stumpf auf das Ende der Gabelzinken aufgesetzt und hiermit verlötet oder verschweißt wird. Damit die Gasströmung in den dünnwandigen Rohren aufrechterhalten bleibt, ist hier im Bereich des Haltebodens eine Ausströmöffnung vorgesehen.

10

Durch die Beschichtung der dünnwandigen Rohre und der Gabelzinken mit einem gasresistenten Kunststoff kommen die Gasmoleküle nicht mehr mit der Metallocberfläche der schwingenden Teile in Berührung, so daß der sonst bei

15 bestimmten Gasgemischen auftretende Plusfehler vermieden wird, der durch An- oder Einlagerungen von Gasmolekülen an der metallischen Oberfläche der Stimmgabel entstehen konnte. Die Kunststoffschicht hat nämlich eine wesentlich geringere Affinität zu den Gasmolekülen als die darunter befindliche Metallocberfläche, so <sup>dab</sup> solche die schwingende

20 Masse vergrößernden An- oder Einlagerungen von Gasmolekülen unterdrückt werden. Der gleiche Effekt läßt sich auch dadurch erzielen, daß gemäß dem Anspruch 7 die dünnwandigen Rohre ganz aus einem gasresistenten Kunststoff, insbesondere aus Teflon gefertigt sind.

25

Der Dichtemesser gemäß der Erfindung ist in mehreren Ausführungsbeispielen in der Zeichnung dargestellt, und zwar zeigen:

30 Fig. 1 den Dichtemesser mit Stimmgabel im Längsschnitt,

Fig. 2 einen Querschnitt durch den Dichtemesser nach Linie II-II der Fig. 1,

Fig. 3 eine andere Verbindung zwischen Rohr und Gabelzinken,

Fig. 4 eine weitere Möglichkeit für diese Verbindung und

Fig. 5 die Ausbildung der Gabelzinkenenden als Rohr.

5 Der in den Fig. 1 und 2 dargestellte Dichtemesser besteht aus dem strichpunktiert angedeuteten Gehäuse 1 mit dem Gehäusedeckel 2, an dem über den Dämpfer 3 schwingungsentkoppelt der Gabelträger 4 sitzt. Am Dämpfer 3 ist außerdem das Umlenkrohr 5 zentrisch gehalten, das auch 10 noch an den kreisbogenförmigen Außenflächen 6 der beiden Erweiterungen 7 des Gabelträgers 4 geführt ist. Das Gas tritt über den Eintritt 8 in das Gehäuse 1 ein, strömt außerhalb des Umlenkrohres 5 nach unten und dann von unten in das Umlenkrohr 5. An dem Gabelträger 4 ist als 15 Schwingkörper die Stimmgabel 9 mit ihrem Stimmgabelfuß 10 über die Schrauben 11 befestigt. Die Stimmgabel 9 trägt die beiden Stimmgabelzinken 12, die an ihren Enden 13 mit den dünnwandigen Rohren 14 versehen sind. Das in dem Umlenkrohr 5 aufströmende Gas umströmt und durch- 20 strömt die beiden dünnwandigen Rohre 14 und strömt dann über die Gabelzinken 12 der Stimmgabel 9 weiter durch das Innere des Rohres 15 des Dämpfers 3. Von hier aus erfolgt die Abströmung nach oben zum Auslaß 16.

25 Die dünnwandigen Rohre 14 und die Gabelzinken 12 der Stimmgabel 9 werden durch Induktionsspulen, die in den beiden Erweiterungen 7 des Gabelträgers 4 fest eingebaut sind, zur Schwingung angeregt, wobei die Frequenz der Schwingungen von der Dichte des Gases abhängig ist. Die jeweiligen, der Dichte des zu bestimmenden 30 Gases entsprechenden Meßwerte für die Anzeige der Frequenz werden über die Elektroleitungen 17 und die Anschlüsse 18 nach außen übertragen, die auch gleichzeitig die Erreger- spannung für die Induktionsspulen liefern.

Die in den Fig. 1 und gezeigten beiden dünnwandigen

und beiderseits offenen Rohre 14 besitzen einen geschlossenen Rohrmantel 19, dessen Endabschnitt 20 auf die Enden 13 der Gabelzinken 12 aufgeschoben ist. Die Rohre 14 sind hierbei soweit nach außen verlagert, daß

5 ihr Innenmantelabschnitt 21 an den Kanten des zugehörigen Gabelzinkens 12 anliegt. Durch Verlöten oder Verschweißen dieser Berührungsstellen mit dem Innenmantelabschnitt 21 ist die feste Verbindung zwischen Gabelzinken 12 und Rohr 14 hergestellt.

10 Bei der in Fig. 3 gezeigten Verbindung zwischen dem auf der einen Seite der Stimmgabelachse 22 liegenden Gabelzinken 12 und dem dünnwandigen Rohr 14 ist das Rohr an dem Verbindungsende mit einem Halteboden 23 versehen und mit diesem Halteboden stumpf auf das Ende 13 des Gabelzinkens 12 aufgesetzt und hiermit verlötet oder verschweißt.

15 Damit das zu bestimmende Gas innen durch das dünnwandige Rohr 14 strömen kann, ist oben am Rohr eine Ausströmöffnung 24 vorgesehen.

Bei der Verbindung nach der Fig. 4 ist das Ende 13 des Gabelzinkens 12 mit einer kreisbogenförmigen Ausnehmung 25 versehen, in die das dünnwandige Rohr 14 mit seinem Endabschnitt 20 passend eingelegt und mit dem Gabelzinken 12 verlötet oder verschweißt ist.

20 Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 5 ist das Ende 13 der Gabelzinken 12 der Stimmgabel selbst als dünnwandiges Rohr 14 ausgebildet. Zu diesem Zweck ist in das Ende 13 der im Querschnitt rechteckigen Gabelzinken 12 eine Längsnut 26 eingefräst, die nur eine dünne Außenwandung 27 stehen lässt und durch einen Nutdeckel 28 nach außen verschlossen

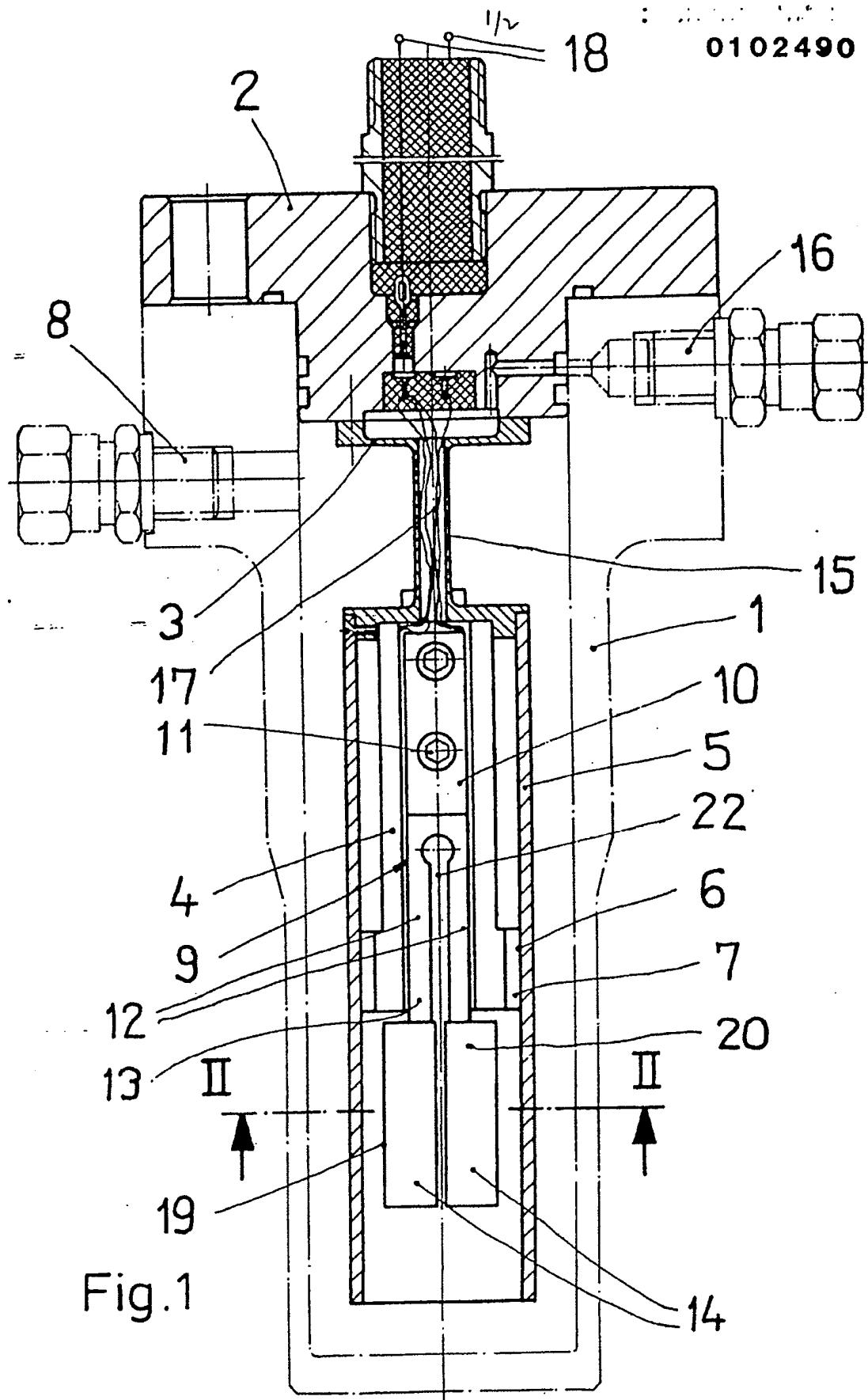
25 ist. Die Längsnut 26 ist nach unten offen und das Gas kann oben über die Öffnung 29 ausströmen.

## Patentansprüche

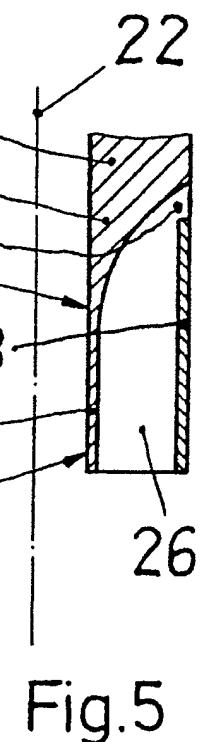
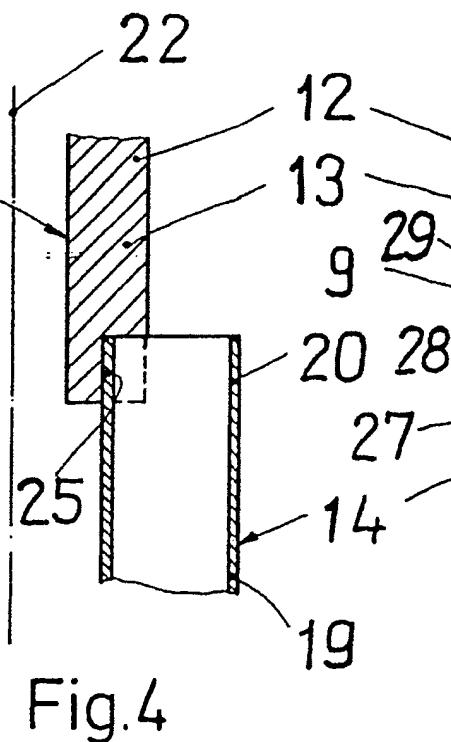
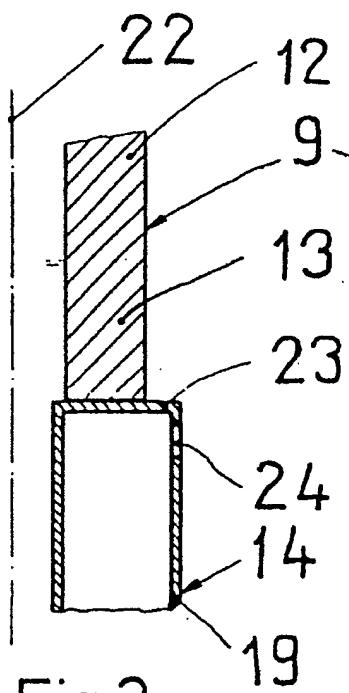
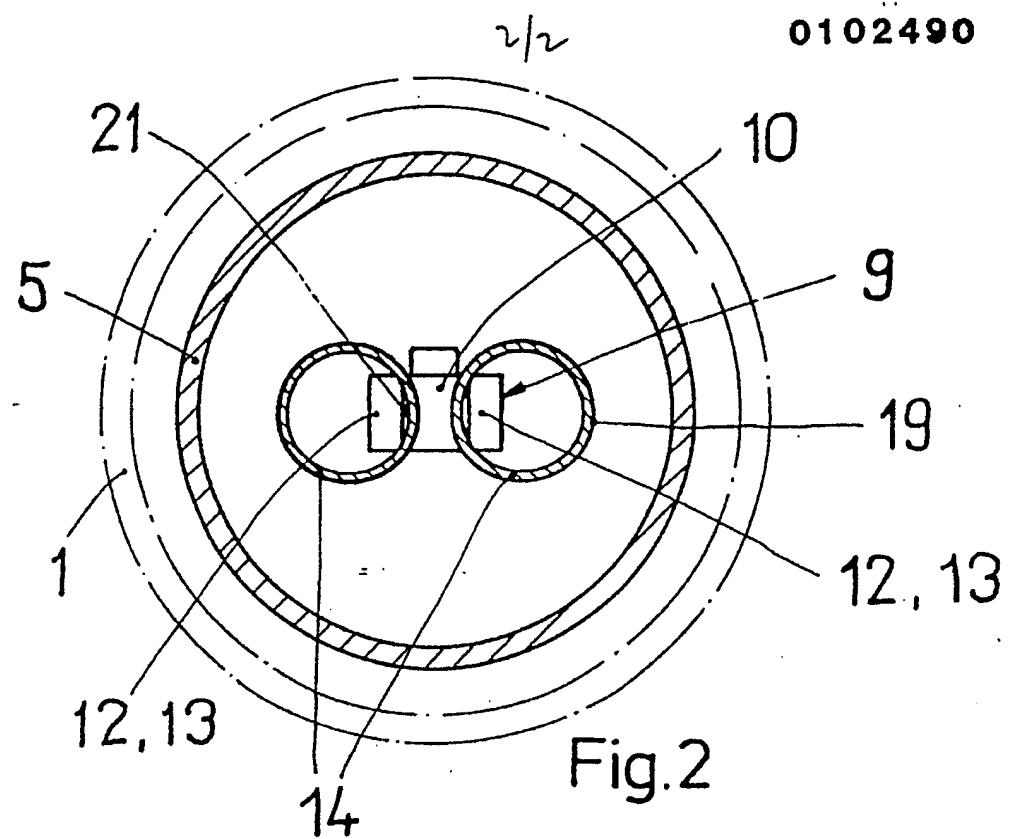
1. Dichtemesser für Gase mit einer dem Gas ausgesetzten Stimmgabel als Schwingkörper, die als Teil eines phasengekoppelten elektromagnetischen Schwingungssystems einerseits in einer ihrer Eigenfrequenzen ange-  
5 regt und andererseits in dieser Eigenfrequenz, die sich mit unterschiedlicher Dichte der Gase ändert, erfaßt wird, wobei die beiden Enden der Stimmgabelzinken einen die Oberfläche vergrößernden und dadurch die Wechselwirkung der Massenkräfte erhöhenden Prallkörper tragen, d a -  
10 durch gekennzeichnet, daß auf die beiden Enden (13) der Gabelzinken (12) der Stimmgabel (9) jeweils ein axial zu den Gabelzinken (12) verlaufendes und nach beiden Seiten offenes dünnwandiges Rohr (14) mit geschlossenem Rohrmantel (19) aufgesetzt ist.
- 15 2. Dichtemesser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das dünnwandige Rohr (14) mit dem Endabschnitt (20) in axialer Richtung auf die Enden (13) der im Querschnitt kleineren Gabelzinken (12) der Stimmgabel (9) aufgeschoben und der an den  
20 Gabelzinken (12) anliegende Innenmantelabschnitt (21) des Rohres (14) mit dem zugehörigen Gabelzinken (12) durch Schweißen, Löten oder dergl. fest verbunden ist (Fig. 2).
- 25 3. Dichtemesser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Enden (13) der Gabelzinken (12) der Stimmgabel (9) mit einer kreisbogenförmigen Ausnehmung (25) versehen sind, in die das dünnwandige runde Rohr (14) mit seinem Endabschnitt (20) passend eingelegt und mit dem zugehörigen Gabel-  
30 zinken durch Schweißen, Löten oder dergleichen fest verbunden ist (Fig. 4).

4. Dichtemesser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Enden (13) der Gabelzinken (12) der Stimmgabel (9) selbst als dünnwandiges Rohr (14) ausgebildet sind (Fig. 5).
5. Dichtemesser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das mit einem Halteboden (23) an dem Verbindungsende versehene dünnwandige Rohr (14) in axialer Richtung stumpf auf das Ende (13) des zugehörigen Gabelzinkens (12) aufgesetzt und durch Schweißen, Löten oder dergl. fest hiermit verbunden ist, wobei das Rohr (14) im Bereich des Haltebodens (23) mit einer Ausströmöffnung (24) versehen ist (Fig. 3).
6. Dichtemesser nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden dünnwandigen Rohre (14) innen und außen sowie mindestens die mitschwingenden Gabelzinken (12) der Stimmgabel (9) mit einer dünnen Haut aus einem gasresistenten Kunststoff beschichtet sind.
7. Dichtemesser nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die dünnwandigen Rohre (14) ganz aus einem gasresistenten Kunststoff, insbesondere aus Teflon gefertigt sind.

0102490



0102490





Europäisches  
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

0102490

Nummer der Anmeldung

EP 83 10 6994

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. *)
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	
Y	DE-A-2 555 112 (A. PALMAI et al.) * Anspruch 1; Figur 5 *	1	G 01 N 9/00
Y,D	DE-A-1 598 155 (BASF AG) * Anspruch 1 *	1	
A	US-A-3 420 092 (D. DORSCH)		
A,D	DE-A-1 498 602 (BASF AG)		
			RECHERCHIERTE SACHGEBiete (Int. Cl. *)
			G 01 N 9/00
<p>Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.</p>			
Recherchezentrum BERLIN	Abschlußdatum der Recherche 02-11-1983	Prüfer SCHWARTZ K	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN		<p>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist</p> <p>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument</p> <p>L : aus andern Gründen angeführtes Dokument</p>	
<p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet</p> <p>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie</p> <p>A : technologischer Hintergrund</p> <p>O : nichtschriftliche Offenbarung</p> <p>P : Zwischenliteratur</p> <p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze</p>		<p>&amp; : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>	